Aus dem
Hygienischen Institut der Universität Würzburg
Vorstand: Prof. Dr. M. Knorr.

Die Wachstumsrichtung der Zahnsteinbildner

Inaugural-Dissertation

verfaßt und

einer Hohen Medizinischen Fakultät

der

Bayerischen Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde

vorgelegt von

Mathilde Lackas
Zahnärztin.

1 9 3 8
Bernhard Sporn Verlag Zeulenroda

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Würzburg.

Referent: Prof. Dr. M. Knorr.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

D 20

Meiner Mütter gewidmet!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549822_0248

Eine große Bedeutung in der Natur scheinen Bakterien zu haben für die Ablagerung von Kalk aus Meer- und Süßwasser. Da darüber in der med. Literatur alle Hinweise fehlen, gerade für die Mundhöhle aber solche Vorgänge von Bedeutung sind, soll hierüber das Schrifttum berichtet werden.

Drew zeigt als Erster, daß gewisse Meeresbakterien fähig sind, aus dem Meerwasser kohlensauren Kalk zu fällen und gab ihnen den Namen „Kalkbakterien" = bacteria calcis. Es gelang ihm, eine bestimmte Bakterie zu isolieren, die im Laboratorium aus künstlichen Nährlösungen $CaCO_3$ niederschlug. Dieser Mikroorganismus ist eine sehr bewegliche Bakterie mit einer langen Geißel. Die Forschungen wurden im Jahre 1911 und 1912 in den Meeren der amerikanischen Tropen, unter der Aufsicht des „Carnegie-Institutes" in Washington gemacht. Die ursprüngliche Absicht dieser Forschungen war, die Tätigkeit der denitrifizierenden Meeresbakterien in tropischen Meeren zu studieren. Im Laufe dieser Experimente entdeckte man, daß diese denitrifizierenden Bakterien auch die Fähigkeit besitzen, Kalziumcarbonat aus löslichen Ca-Salzen, die im Meerwasser vorhanden sind, niederzuschlagen. Man ist der Auffassung, daß diese Bakterientätigkeit eine bedeutende geologische Rolle spielt in der Bildung von Kreide und anderen Felsarten, die ja hauptsächlich oder zum Teil aus Kalziumcarbonat bestehen. Ebenso wird behauptet, daß die großen Ablagerungen von kreidigem Schlamm, westlich von den Bahamainseln und in der Nähe von der Florida-Keys, durch Mikroorganismentätigkeit zustande gekommen sind. Ähnliche Vorgänge sollen auch herrschen in der Verkittung von Korallenfragmenten. Baur und Gran benutzten Ca-Salze in ihren Nährbodenlösungen, um dem großen Anwachsen des alkalischen Gehaltes vorzubeugen. Dabei berücksichtigten sie nicht, die Wichtigkeit des Niederschlages von Kalziumcarbonat durch Bakterientätigkeit. Murray und Irvine, 1889, und wiederum Murray (Sir John) und Hjort, 1912, schreiben den Niederschlag dem Dazwischentreten von Ammoniumcarbonat zu, das sich als Endprodukt der Zersetzung von nitrogenen organi-

schen Stoffen ergibt, und zusammen mit dem Gips im Seewasser vorkommt, nach der Gleichung:

$$(NH_4)_2CO_3 + CaSO_4 = CaCO_3 + (NH_4)_2SO_4.$$

Diese Reaktion zeigte sich nur unter bestimmten experimentellen Bedingungen und zwar, wenn stickstoffhaltige organische Substanzen einige Zeit im Seewasser faulen konnten. In der Nähe der Marquesas Keys und an anderen Stellen von Floridas Küste fand man dicke Schichten von kreidigem Schlamm und man führte dies auch auf bakterielle Tätigkeit zurück. Es wurde angenommen, daß diese Bakterien leben können, wenn die Bedingungen von Licht und Temperatur günstig sind, außerdem beim Vorhandensein von organischen Ca-Salzen, die in Form von pflanzlichen Stoffen im Meer enthalten sind. Die Versuche, die gemacht wurden, bestätigten diese Annahme. Dieselbe Feststellung ergab sich auch bei Untersuchung von Meerwasser in der Nähe der Androsinseln. Aus weiteren Versuchen ließ sich zeigen, daß das bacterium calcis bei 15° wächst und bei 10° gehemmt wird. Demnach können die Kalkbakterien nur bis zu einer bestimmten Tiefe an dem Stoffwechsel des Meeres teilnehmen.

K e l l e r m a n n und S m i t h haben die Forschungen D r e w ' s in der Nähe der Bahama- und Florida-Insel fortgesetzt. Sie vermuten, daß bei der Fällung des Kalziumcarbonates 3 Typen biologischer Prozesse vorherrschen.

1.) Mischkulturen von Bakterien wirken zusammen. Eine Art bildet Spuren von CO_2 und eine erzeugt Ammoniak, entweder durch Zersetzung von Eiweiß oder durch Reduktion von Nitraten über Nitrite zu Ammoniak, wobei kohlensaures Ammon entsteht. Das Letztere reagiert mit Gips nach obiger Gleichung.

2.) Kalziumcarbonat kann aus Wasser, welches gelösten doppeltkohlensauren Kalk enthält, mit Hilfe von Ammoniak bildenden Bakterien, ausgefällt werden. Formel:

$$Ca(HCO_3)_2 + 2NH_4OH = CaCO_3 + (NH_4)_2 + 2H_2O.$$

3.) $CaCO_3$ kann auch entstehen, indem Bakterien organische Kalksalze, z. B. bernstein-essig-apfelsauren Kalk, zerlegen. Die Denitrifikation tritt gleichfalls ein, aber eine Formel für diesen chemischen Prozeß ist noch nicht bekannt. Die Verfasser K. u. Sm. glauben, daß in den Versuchen D r e w ' s

mit organischen Kalksalzen, die Bildung von $CaCO_3$ auf der Freimachung des Kalziums und dem organischen Salz beruht. Sie gewannen nämlich mit Hilfe von Bakterien große Kristalle von kohlensaurem Kalk, die organische Salze enthielten. Weiterhin vermuten Kellermann und Smith, daß die Denitrifikation der Nitrate nicht immer das Ammoniak für die beschriebenen Reaktionen liefern wird. Sie nennen das von Drew gefundene Bakterium calcis auf Grund genauerer Studien „Pseudomonas calcis". Es ist eine sehr bewegliche Bakterie, trägt eine Geißel und ist 1,5 bis 3u groß. Wächst am besten in Medien, die 3% NaCl enthalten oder in Seewasser mit Zusatz von Pepton und Nitrat. Dann erzeugt es binnen 24 Stunden Nitrite und in 48 Stunden Ammoniak. „Pseudomonas calcis" gedeiht nur schwächlich in einer nur 3%igen salzigen Peptonbrühe, weder Nitrite noch Ammoniak bildend.

Molisch berichtet in seinem Werk „Über Kalkbakterien und andere kalkfällende Pilze" folgendes:

Es gibt marine Bakterien, die sogenannten „Kalkbakterien", die in der Lage sind, kristallinischen kohlensauren Kalk auszufällen. Dieser wird extrazellulär in Form von Doppelpinseln, Sanduhren, Sphärokristallen ausgeschieden. Diese Kalkbakterien fällen so viel $CaCO_3$ aus, daß die Kolonien auf Agar und Gelatine trüb und von einem weißen Hof umgeben erscheinen. In dem Meerwasser, welches man bei der Nährlösung benötigt, genügt schon die geringe Menge von Kalk, die in ihm vorhanden ist, um eine Fällung auf bakterieller Art hervorzurufen. Kleinere Zugaben von Kalk z. B. in Form von Chlorkalzium oder essigsaurem Kalk können jedoch das Sichtbarwerden von Karbonatkristallen beschleunigen und begünstigen. Das Auftreten von kristallinischen kohlensaurem Kalk scheint so zu verstehen sein: Gewisse Bakterien machen aus den stickstoffhaltigen, organischen oder anorganischen Verbindungen Ammoniak frei. Dieses verbindet sich mit der, durch die Atmung entstehenden Kohlensäure zu kohlensaurem Ammon. Das auf diese Weise entstandene Ammonsalz wird mit dem in dem Meerwasser befindlichen Kalk zu kohlensaurem Kalk umgewandelt, der in Form von Kristallen ausgeschieden wird. Solange die Bakterienkolonien noch klein und sehr jung sind, zeigt

sich noch keine Fällung, erst nach längerer Zeit tritt sie auf. Dies ist so zu erklären, daß das Ammoniak bzw. das kohlensaure Ammon eine gewisse Höhe erreichen muß, um die Präzipitation von $CaCO_3$ zu veranlassen. Wie schon im vorhergenannten Text erwähnt, haben Kellermann und Smith bereits eine solche Meeresbakterie gekannt und beschrieben. Molisch hat eine andere marine Kalkbakterie rein gezüchtet und sie als „Pseudomonas calcipraecipitans" bezeichnet. Diese Bakterie ist ein dünnes Stäbchen, 1,5—3,6u lang, 0,5—0,8u dick, an den Enden abgerundet, beweglich und besitzt eine polare Geißel. Es gelang Molisch, auch im Süßwasser solche Kalkbakterien nachzuweisen und eine davon, „Pseudomonas calciphila", zu isolieren. Dieser Mikroorganismus ist 1,7 bis 2,5u lang und 1—1,3u breit, sehr beweglich und zeigt bei starker Vergrößerung einen deutlichen Schleimhof. In seltenen Fällen war auch eine polare Geißel zu beobachten.

Außerdem konnte aus der Luft auch eine Aktinomyces-Art rein gewonnen werden, die in nächster Umgebung der Kolonien eine Menge von kristallinischen kohlensaurem Kalk ausfällt. Auch eine aus dem Nektar der Blüten von Antirrhinum majus rein gezüchtete Rosahefe konnte bei großem Kalkzusatz zur Nährbrühe, die Fällung von $CaCO_3$ veranlassen. Außer den Bakterien, welche die Präzipitation des kohlensauren Kalkes hervorrufen, gibt es Schimmelpilze, z. B. Penicillium- und Aspergillusarten, die Oxalsäure ausscheiden und den Kalk der Wässer oder Nährsubstrate als Kalkoxalat fällen, welcher in schön geformten Kristallen in der Umgebung der Kolonien zu beobachten ist.

Da die Kalkbakterien sowohl im Meere als auch im Süßwasser vorkommen, so wird sich in der Tiefe des Meeres, der Teiche und Sümpfe allmählich organischer Detritus anhäufen. Infolgedessen kann mit Hilfe der Bakterien die Bildung von Ammoniak vonstatten gehen. Ebenso wird auch die biologische Präzipitation von $CaCO_3$ durch die erwähnten Bakterien in der Natur eine wichtige Rolle spielen, die vielleicht jetzt noch gar nicht übersehen werden kann.

Siegel hat nun in seinen Versuchen gezeigt, daß Kalkbildner in Gestalt von Aktinomyceten auch in der Mundhöhle vorkommen. Er macht diese verantwortlich für den organischen Aufbau des Zahn-

steines und vor allen Dingen schreibt er ihnen die Fähigkeit zu, Kalksalze auszufällen und anzulagern.

Geiger gibt uns nähere Aufklärung über den feineren Aufbau des Zahnsteines, bei dem eine Schnittführung von innen nach außen (Querschnitt) auf ein horizontales Wachstum der Aktinomyceten schließen läßt. Die Bakterien weisen bei dieser Schnittführung eine faden-stäbchenförmige Struktur auf.

Meine Aufgabe ist es nun, den Zahnstein von oben nach unten zu schneiden bezw. Frontalschnitt zu bringen. Damit sollte die Frage beantwortet werden, ob nur eine Kalkanlagerung von innen nach außen stattfindet. Deshalb habe ich von 33 Patienten Zahnstein gesammelt mit einem kurzen Mundbefund. Von diesen 6 Fälle ausgesucht und sie in meiner Arbeit angebracht. Nach Entkalkung des Zahnsteins mit 1—2%iger Ameisensäure wurde derselbe dementsprechend weiterbehandelt. Von den gefärbten Präparaten habe ich Mikrofotos von 50facher, mittlerer und schließlich 1000facher Vergrößerung angefertigt.

Patient 1: Es handelt sich um Zahnstein von der 63jährigen Frau D. Die Patientin weist ein starkes Lückengebiß auf. An den unteren und oberen Frontzähnen haften dicke Krusten von Zahnbelägen und zwar von gelber bis schmutzig-brauner Farbe. Frau D. treibt keine Mundpflege (Bild 1, 2, 3.)

Patient 2: Die Zahnreihenglieder des 52jährigen Mannes haben fast alle schwärzlichen Raucherbelag. Das Gebiß ist sehr ungepflegt. Gingivitis und ein leichter Fötor ex ore lassen sich wahrnehmen. An den unteren Incisivi labial sowie lingual sitzen dunkelbraune Konkremente (Bild 4, 5).

Patient 3: Die Ehefrau N. N., 56 Jahre alt, trägt im Oberkiefer eine totale Prothese. Die Zähne des Unterkiefers sind zum Teil erhalten. Man findet schon eine ausgedehnte Paradentose an den unteren Frontzähnen, denen äußerst brauner Zahnstein anliegt. Wie die Patientin versichert, reinigt sie täglich mit Wasser und Bürste ihre Zähne!! (Bild 6, 7, 8).

Patient 4: Dieser Zahnstein stammt von einem 15jährigen Mädchen und zwar weisen ihre Frontzähne Stellungsanomalien auf. Belag befindet sich trotz der täglichen Mundpflege an den unteren Praemo-

laren und an den oberen Molaren, der allerdings weit dunkler gefärbt ist, als der untere (Bild 9, 10).

Patient 5: Die 49jährige Frau G. hat an den unteren Incisivi lingual hellgelben Belag. Leichte Hypertrophie der Gingiva, außerdem in dem seitlichen Zahnreihengebiet offenen Biß. Die Patientin reinigt ihre Zähne täglich (Bild 11, 12, 13).

Patient 6: An den unteren Schneidezähnen der 26 Jahre alten Patientin befindet sich labial sowie lingual stark gefärbter Belag, der eine Gingivitis hervorgerufen hat. Die Reinigung der Zähne ist regelmäßig (Bild 14, 15).

Zusammenfassung.

Aus meinen Mikrofotos geht nun eindeutig hervor, daß die Aktinomyceten, die sogenannten Zahnsteinbildner, bei einer genauen Schnittführung des Zahnsteines von oben nach unten (Frontalschnitt) quer getroffen werden. Somit erscheinen die durchschnittenen horizontal wachsenden Bakterien als „punkt-, kugelig- bzw. kokkenförmige Gebilde". Und damit ist gezeigt, daß die Zahnsteinablagerung durch wagerechtes Bakterienwachstum bedingt wird.

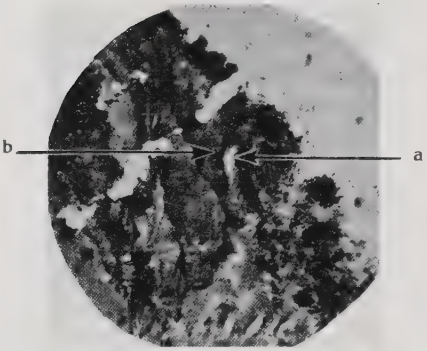
Nach den vorangegangenen Versuchen, die bis jetzt überhaupt am Zahnstein gemacht worden sind, muß doch letzten Endes der Aktinomyces als Hauptfaktor für die Zahnsteinbildung anzusprechen sein.

Ähnliche Vorgänge, wie sie in der Mundhöhle stattfinden, konnten auch die Autoren: Drew, Kellermann und Smith und Molisch bei den Kalkablagerungen in der Natur beobachten. Die kalkfällenden Bakterien, die in biologischen Prozessen eine Rolle spielen, entsprechen in ihrer Tätigkeit den Zahnsteinbildner, nämlich aus einer kalkhaltigen Lösung, Kalksalze zu fällen und anzulagern.

Sämtliche Mikrofotos wurden mit Mikam-Leitz, Periplan Okular 12 und Gelbfilter aufgenommen.

Färbung der Präparate nach Gram-Schlegel: Entparaffinierung der Präparate in Xylol I und II, dann Abspülen in 100%igem, 96%igem, 70%igem Alkohol und in Aqua dest. Färben mit Bismarckbraun, Karbolgentianaviolett und Jod-Jodkali. Differenzieren in Anilin-Xylol. Durch weitere Behandlung mit absolutem Alkohol gibt ein Teil der Bakterien den Farbstoff wieder ab, sind also gramnegativ. Nachfärben der gramnegativen Bakterien mit Säure-Fuchsin bringt die entfärbten Bakterien zur Darstellung. Dann wieder Nachspülen in Aqua dest., Alkohol und Xylol. Das auf diese Weise gefärbte Präparat wird fast trocknen lassen und schließlich mit Kanadalbalsam eingedeckt.

Bild 1. 50 × vergr.



Stellt Übersichtsaufnahme des betreffenden Zahnsteines dar. Man findet fast eine streifenförmige Anordnung der „Bakteriensäulen", mit dazwischen liegenden helleren Zonen, in denen Kalkablagerungen stattfinden.

Bringt schon bei mittlerer Vergrößerung in den helleren Zonen, dort, wo der Kalkniederschlag einsetzt, vereinzelt liegende „punktförmige Gebilde", die auf quergeschnittene, in horizontaler Richtung wachsende, Bakterien hinweisen.

Bild 2. 420 × vergr.

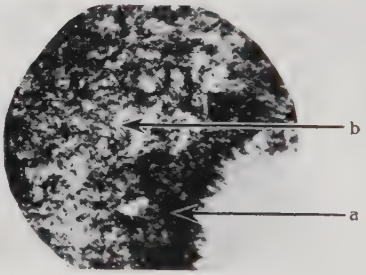
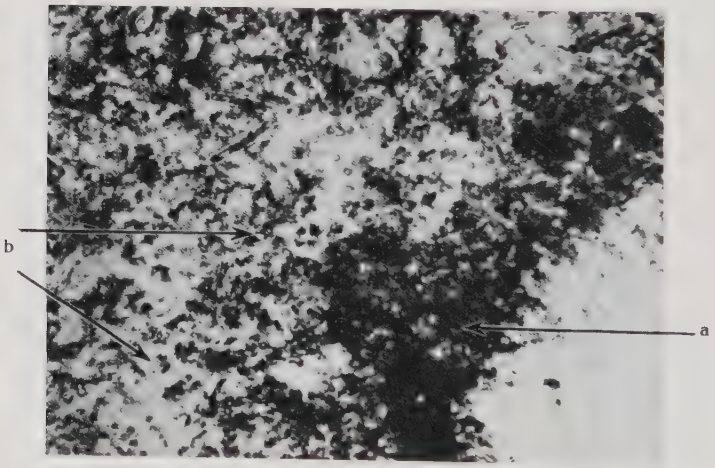


Bild 3. 1000 × vergr.

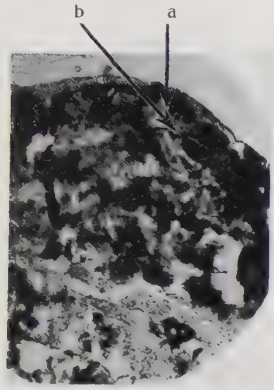


Dasselbe Bild bei 1000facher Vergrößerung. Die helleren Zonen, die sogenannten Kalkablagerungszonen, in denen auffallend die „punktförmigen Gebilde" auftreten, sind umgeben von dunklen vorwachsenden „Bakteriensäulen".

a) 0,025 mm breite Wachstumszone

b) 0,038 mm breite zum Teil bakterienarme Zone.

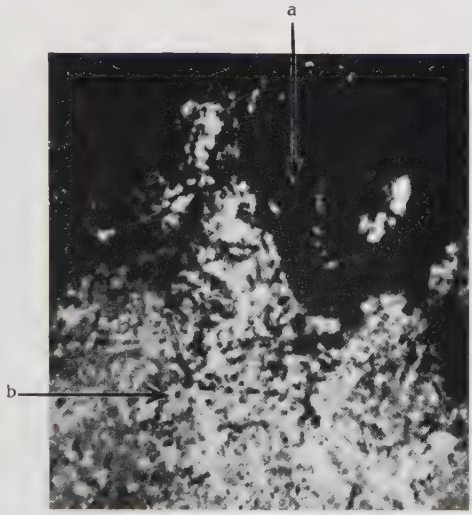
Bild 4



Die obere Grenze zeigt massenhaft „Bakteriensäulen", die nach vorne wachsen. Dazwischen Kalkablagerungen.

50 × vergr.

Bild 5



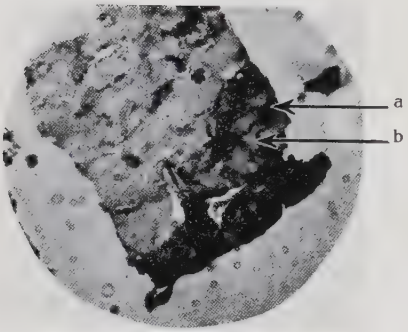
Deutlich zu sehen, daß die „Bakteriensäulen", um die sich der Kalk niederschlägt, tatsächlich wagerecht vorwachsen. Besonders treten in den helleren Zonen, wo also starkes Mikroorganismenwachstum fehlt, „punktkokkenförmige, isolierte Gebilde" auf, die nichts anderes sein können, als quer-geschnittene Bakterien.

1000 × vergr.

a) 0,033 mm breiter Bakterienkomplex

b) 0,032 mm breite gut abgegrenzte Kalkablagerungszone.

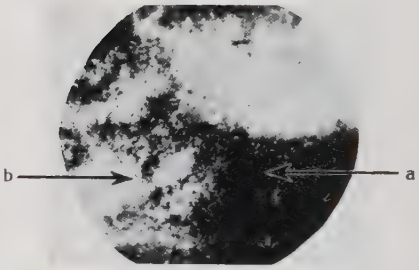
Bild 6



50 × vergr.

Läßt bei schwacher Vergrößerung schon seitlich ein strahlenförmiges Wachstum der „Bakteriensäulen", erkennen, zwischen denen die Kalkzonen liegen.

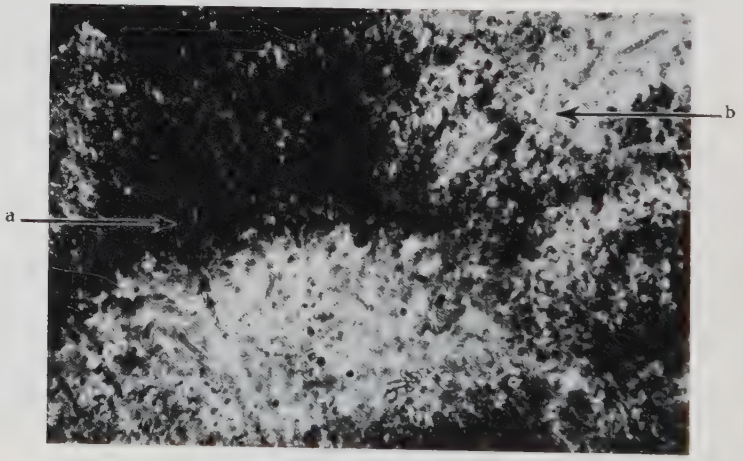
Bild 7



560 × vergr.

Ein Ausschnitt aus nebenstehendem Bild bei 560facher Vergrößerung. Auffallend sind dabei wieder die vielen „vereinzelten punktförmigen Gebilde" in den hellen Zonen, wo nur minimales Bakterienwachstum herrscht.

Bild 8



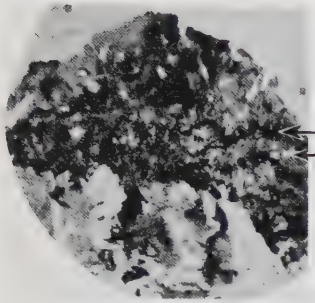
1000 × vergr.

Diese „vereinzelten punktförmigen Gebilde", die für quer-geschnittene, horizontal wachsende Mikroorganismen sprechen, liegen inmitten der bakterienarmen Zone, umgeben von zahlreichen „Bakteriensäulen".

a) Dichte „Bakteriensäulen"-Schicht von 0,03 mm Breite.

b) 0,021 mm breite dazwischenliegende, gut erkennbare Zone der „punktförmigen Gebilde."

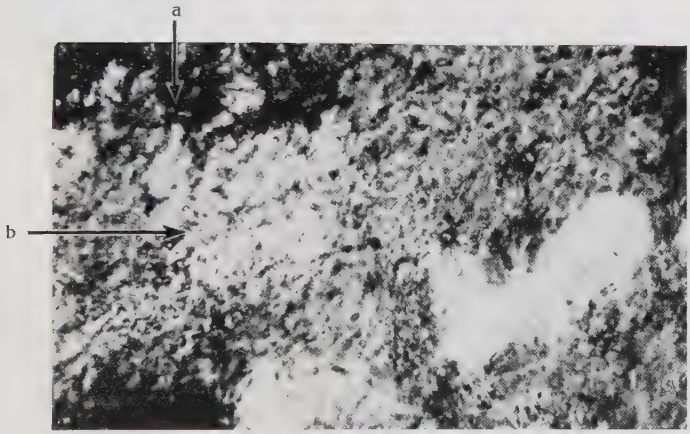
Bild 9



Der obere Teil weist auf ein starkes Bakterienwachstum hin. Deutlich sind dabei die hellen Schichten zu beobachten, in denen die Kalkablagerung vonstatten geht.

50 × vergr.

Bild 10

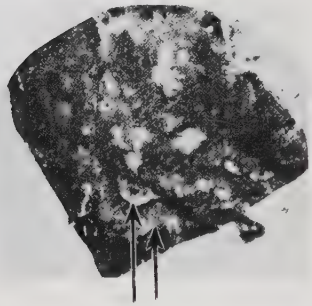


1000 × vergr.

Hier ist die hellere Schicht, in der sich also das Kalkausfällen vollzieht, besonders hervorgehoben. Unzählige Mengen von „punkt-kokkenförmigen Gebilden" lassen wieder auf quer-getroffene, horizontal wachsende Bakterien schließen.

a) 0,018 mm breite starke Bakterienschicht
b) 0,024 mm breite minimale Wachstumszone.

Bild 11

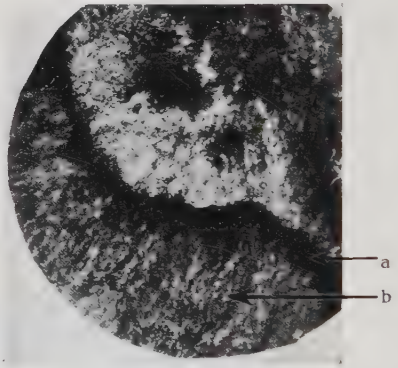


50 × vergr.

Ein Teil dieses Zahnsteines zeigt eine sichelhalbmondförmige Struktur. Die untere Grenze enthält massenhafte stark wachsende „Bakteriensäulen", auf die Zonen mit mäßigem Wachstum folgen.

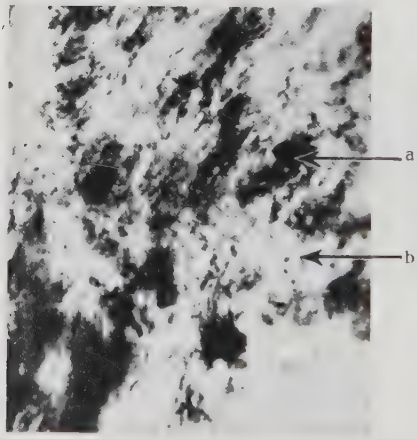
Gut zu beachten sind wieder die „punktförmigen Gebilde", die vereinzelt in wachstumsarmen Zonen liegen.

Bild 12



420 × vergr.

Bild 13

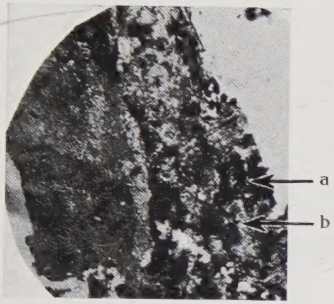


1000 × vergr.

Unregelmäßig wechseln helle Schichten von Kalkablagerungen ab mit dazwischen liegenden zahlreich wachsenden „Bakteriensäulen".

a) Dunkle Mikroorganismenschicht von ungefähr 0,0082 mm Breite.
b) 0,0382 mm breite dazwischen liegende hellere Zone.

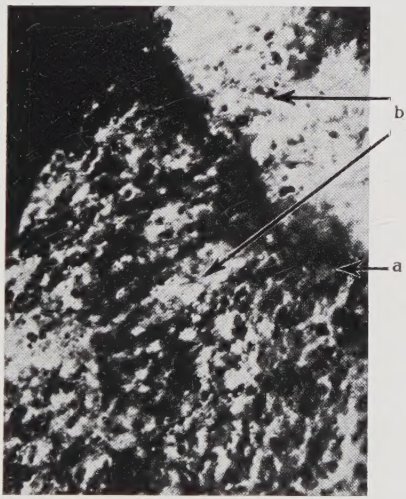
Bild 14



Dicke „Bakteriensäulen“ deuten auf starke Wachstumszonen hin. Dazwischen wieder Kalkablagerungen.

50 × vergr.

Bild 15



Sehr gut treten wieder die „kokkenförmigen Gebilde“ in der kalkreichen Zone in Erscheinung, also die quergeschnittenen Bakterien, die eindeutig ein Wachstum in wagerechter Richtung beweisen.

1000 × vergr.

a) Durchschnittlich 0,025 mm breite kompakte Bakterienzone.

b) Durchschnittlich 0,012 mm breite lockere Schicht mit isolierten „punktförmigen Gebilden“.

An dieser Stelle spreche ich Herrn Professor Dr. M. Knorr für die Überlassung des Themas und die liebenswürdige Unterstützung bei der Arbeit meinen besten Dank aus.

Ebenfalls danke ich Herrn Dozenten Dr. P. Oesterle für seine freundliche Hilfsbereitschaft bei den sich bietenden Schwierigkeiten.

Schrifttum.

Drew. Publ. Nr. 182 Carnegie Inst. of. Washington 1914.
Geiger. Dissertationsarbeit 1935.
Kellermann u. Smith. Journ. Washington Acad. of Sciences 1914, Bd. 4.
Lieske. Lehrbuch der allg. Bakterienkunde.
Molisch. Centralbl. f. Bakt. II. Abt. 1925, Bd. 65.
Siegel. Dissertationsarbeit 1934.

Versichere hiermit ehrenwörtlich, daß ich mich außer der angegebenen Literatur keiner anderen Hilfsquelle bedient habe.

Mathilde Lackas.

Lebenslauf.

Bin am 30. 11. 1910 in Güchenbach (Saar) geboren. Besuchte 3 Jahre die Volksschule in Kordel, anschließend ein Lyzeum mit 1jähriger Frauenschule in Trier. 1932 legte ich am Oberlyzeum in Hersel-Bonn die Reifeprüfung ab. Im S.S. 1933 begann ich mit dem Studium der Zahnheilkunde an den Universitäten Graz, Heidelberg, Rostock, Würzburg. An letzterer Universität bestand ich im Mai 1937 das zahnärztliche Staatsexamen.

Mathilde Lackas.